

W 2552EN

ELECTRON BEAM APPARATUS

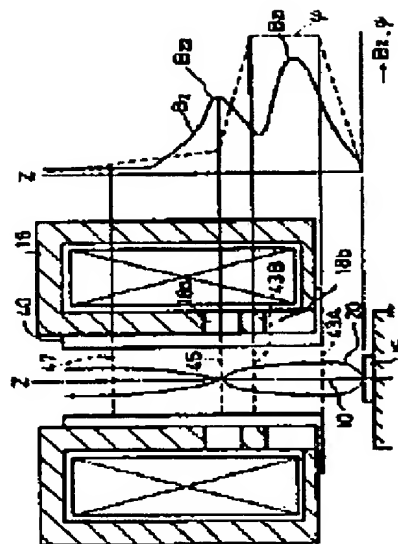
Patent number: JP1229977
Publication date: 1989-09-13
Inventor: ISHIZUKA TOSHIHIRO; ITO AKIO; OZAKI KAZUYUKI;
OKUBO KAZUO; HAMA SOICHI
Applicant: FUJITSU LTD
Classification:
- international: **G01R19/00; H01J37/305; H01L21/66; G01R19/00;**
H01J37/305; H01L21/66; (IPC1-7): G01R19/00;
H01J37/305; H01L21/66
- european:
Application number: JP19880054956 19880310
Priority number(s): JP19880054956 19880310

Report a data error here

Abstract of JP1229977

PURPOSE:To improve accuracy in voltage measurement, by arranging a pair of lead-out electrodes on both sides of the maximum value of a magnetic field, and arranging a buffer electrode in the vicinity of the maximum value of the other magnetic field, and inputting secondary electrons into an analyzing electrode approximately vertically.

CONSTITUTION:A pair of lead-out electrodes 43A and 43B are arranged on both sides of a first maximum value BZ1 which is located at the side of a sample to be checked 15. The same voltage ϕ is applied to the electrodes 43A and 43B. An equipotential space is formed between both electrodes. As a result, secondary electrons 20 emitted from the electrode 43A advance in an equi-strength electric field to the electrode 43B. Therefore, the dispersion of the secondary electrons is effectively prevented. Therefore, the speed of the secondary electrons is reduced with a buffer electrode 45 and condensed in the vicinity of the electrode. At this time, since a second maximum value BZ2 of a magnetic field is present in the vicinity of the electrode 45, the condensing degree is small. Thus, the secondary electrons passed through the electrode 45 maintain the approximately collimated state. As a result, the electrons are inputted into an analyzing electrode 47 approximately vertically, and the problem of 'slant input' is resolved. In this way, accuracy in voltage measurement is improved.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑫ 公開特許公報(A)

平1-229977

⑤ Int. Cl.⁴G 01 R 19/00
H 01 J 37/305
H 01 L 21/66

識別記号

庁内整理番号

J-7905-2G
7013-5C
C-6851-5F

⑬ 公開 平成1年(1989)9月13日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑭ 発明の名称 電子ビーム装置

⑮ 特 願 昭63-54956

⑯ 出 願 昭63(1988)3月10日

⑰ 発 明 者 石 塚 俊 弘 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑱ 発 明 者 伊 藤 昭 夫 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲ 発 明 者 尾 崎 一 幸 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑳ 発 明 者 大 窪 和 生 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

㉑ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉒ 代 理 人 弁理士 青 木 朗 外3名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

電子ビーム装置

2. 特許請求の範囲

1. 被検試料(15)から2次電子(20)を強制的に引き出す引き出し電極(43)と、該2次電子の速度を制御するバッファ電極(45)と、該2次電子のエネルギーを分析する分析電極(47)とを有し、電子ビーム源からの1次電子ビームを被検試料に収束する対物電子レンズ系内に、被検試料から放出される2次電子により被検試料電位を定量的に検出するエネルギー分析器(40)が組み込まれた電子ビーム装置において、上記対物電子レンズ系はその光軸上に少なくとも2個の磁界極大値(B_{z1} 、 B_{z2})を有し、被検試料側に位置する磁界極大値(B_{z1})を挟むようにしてその両側に一對の引き出し電極(43A、43B)が配設され、且つ上記バッファ電極は他方の磁界極大値(B_{z2})の近傍に配設されることを特徴とする電子ビーム装置。

2. 上記2個の磁界極大値の大きさは、被検試料側に位置する磁界極大値が他方の磁界極大値の1.5～3倍であることを特徴とする請求項1記載の電子ビーム装置。

3. 上記一對の引き出し電極は同一の対物電子レンズ系(18)内に形成されることを特徴とする請求項1または2記載の電子ビーム装置。

4. 上記一對の引き出し電極は夫々異なる対物電子レンズ系(16、18)内に形成されることを特徴とする請求項1または2記載の電子ビーム装置。

3. 発明の詳細な説明

(概 要)

電子ビームを用いて被検試料の電位を定量的に検出するエネルギー分析器を対物レンズ内に組み込んだ電子ビーム装置に関し、

被検試料からの2次電子の放出角度依存性による分析電極への斜め入射を防止して被検試料の電圧測定精度を向上することを目的とし、

被検試料から放出される2次電子により被検試

料電位を定量的に検出するエネルギー分析器を対物電子レンズ系内に組み込んだ電子ビーム装置において、対物電子レンズ系はその光軸上に少なくとも2個の磁界極大値を有し、被検試料側に位置する磁界極大値を挟むようにしてその両側に一對の引き出し電極が配設され、且つ他方の磁界極大値の近傍にバッファ電極が配設されるように構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は半導体装置の集積回路の診断(回路の動作の良否等を検出)等に用いられる電子ビーム装置(電子ビームプローバ)に関し、特にその対物電子レンズ内にエネルギー分析器を組み込んだインレンズ分析器型の電子ビーム装置に関する。

近年、半導体装置における集積回路の集積度の高密度化に伴いそのパターンの微細化が著しい。

従来から、集積回路の診断として機械的触針法が用いられてきたが、大規模、高密度化された集積回路の診断には空間的分解能が不十分であり通

用出来なくなってきた。

そこで、これに代わる微細パターンの診断法として電子ビームプローブを用いる電子ビーム装置が開発された。その詳細は古川、後藤、稲垣、共著「LSIの診断に威力を発揮する電子ビーム・プロービング」日経エレクトロニクス、1982年3月15日号、P172~201に記載されている。

(従来の技術)

電子ビームプローバは基本的には、動作中の集積回路に電子ビームを照射した時発生する2次電子が表面の電圧の情報を含んでいることを利用するもので、電子ビームを照射した試料から発生する2次電子は2次電子検出器により電気信号となる。検出2次電子信号は試料表面の形状や材料に応じて変化する。

第7図において、試料15の電位を定量的に測定するためのエネルギー分析器40は従来、対物レンズ18の下方に設けられていたが、その場合、

対物レンズ18と被検試料15までの距離、所謂ワーキングディスタンス(作動距離)が長くなる。ワーキングディスタンスが長くなると電子ビームプローバの空間分解能が低下するため、エネルギー分析器40を対物レンズ18内(もしくは対物レンズ18の上方)に組み込んだ所謂インレンズ分析器が開発された。このインレンズ分析器は、3枚構成の平面メッシュ(グリッド)から構成される電界阻止型であり、被検試料側から順に、被検試料15からの2次電子を加速して強制的に引き出す引き出し電極(第1グリッド)43、引き出し電極43の高電圧による分析電極47(後述)への影響を緩和すべく2次電子の速度を制御するバッファ電極(第2グリッド)45、及び2次電子のエネルギーを分析する分析電極(第3グリッド)47を有する。分析電極47を通過した2次電子が2次電子検出器23により検出される。尚、インレンズ分析器においては2次電子検出器23は当然のことながら分析電極47の上方に配置される。

(発明が解決しようとする課題)

しかるに上述の如きインレンズ分析器においては、被検試料の電位の測定精度が不十分であると言う問題があった。電位の測定精度は分析電極、即ち、エネルギー分析器への2次電子の入射角に起因することが知られている。即ち、2次電子が分析電極47へ(平行コリメート光として)出来るだけ垂直に入射することが測定精度を確保する上で極めて重要な要件である。

この目的のため、従来から、被検試料から放出される2次電子を発散させないようにするために被検試料の極く近傍に強い引き出し電圧を印加したり、あるいは対物レンズから漏れた弱い磁界の収束作用を利用したりしていた。

第7図の右側に光軸(Z方向)上での対物レンズ18内の磁界分布(磁束密度)B_z及び電位分布φを示す。磁界分布は同図から明らかな如く、対物レンズ(筒状)18の磁気回路のギャップ(断面円形のドーナツ状非磁性部分)18aに略対応する位置に単一の極大値を有する。尚、印

加電圧は上述の如く引き出し電極43の部分がかもとも大きい。

第6図に第7図に示すインレンズ分析器における分析電極電圧 V_{at} と2次電子信号の関係(分析カーブと呼ばれる)を示す。分析電極電圧 V_{at} を変化させると、理想的には放出角度(入力1次電子ビーム10に対する放出2次電子20の成す接線角度) α が $\alpha = 0^\circ$ (光軸に一致)で示されるような2次電子信号出力が得られるが、 α が大きくなると分析カーブが理想カーブからずれてくることが判る。もともと、エネルギー分析法は1次電子ビームの照射点の電位が変化すればその分だけ2次電子のエネルギー分布曲線(分析カーブ)が移動することを利用したものである。電圧測定精度は周知の如くこのずれ量(図中の δV_{at})により表される。第6図において、 $\delta V_{at} = 3V$ にも達することが判る。

分析器に関する理論と実験的検討によれば、集積回路表面の電界障壁以上の電界強度を引き出し電極で形成しても局所電界効果による誤差を抑え

ることは困難である。ここに、局所電界効果とは集積回路の所定部位の配線を診断するに際し、照射部分から放出される2次電子が隣接配線の電位変化の影響を受けることである。即ち、上記の誤差 $\delta V_{at} = 3V$ は局所電界の作用により、2次電子が曲げられ、放射角 α を持ち、分析電極への2次電子の入射角が変化し、斜めに入射することにより起因する。

本発明が解決すべき課題はこのような局所電界の作用による2次電子の曲がりを抑制し、分析電極へ2次電子を略垂直に入射せしめ得るようにすることにより被検試料の電圧測定精度を向上させることにある。

(課題を解決するための手段)

上記の課題を解決するために、第1図に示す如く、被検試料(15)から2次電子(20)を強制的に引き出す引き出し電極(43)と、2次電子の速度を制御するバッファ電極(45)と、2次電子のエネルギーを分析する分析電極(47)と

(作用)

被検試料から放出される2次電子は第1の引き出し電極により引き出された後も第2の引き出し電極により略等電界中を略真っ直ぐに進む。そして速度を調整するバッファ電極の近傍で収束するが、その近傍に磁界極大値があるので第1の磁界極大値との差はなだらかとなり、従って、コリメートされ、分析電極に略垂直に入射する。以上のことは計算機シミュレーションにより確認されている。

被検試料側に位置する第1の磁界極大値を他方の第2磁界極大値の略1.5～3倍にするとコリメート効果が最も良く発揮されることが計算機シミュレーションにより確認されており(第4図)、実験的には、第5図に示す電圧測定精度 δV_{at} の測定結果より実証されている。

2個の引き出し電極を同一の対物レンズにより形成すれば構造の簡略化がはかれるが、他方、別々の対物レンズに形成するようにすれば既存の対物レンズに外部レンズを付設するだけで実現出来

を有し、電子ビーム源からの1次電子ビームを被検試料に収束する対物電子レンズ系内に、被検試料から放出される2次電子により被検試料電位を定量的に検出するエネルギー分析器(40)が組み込まれた電子ビーム装置において、本発明によれば、対物電子レンズ系はその光軸上に少なくとも2個の磁界極大値(B_{z1} , B_{z2})を有し、被検試料側に位置する磁界極大値(B_{z1})を挟むようにしてその両側に一對の引き出し電極(43A、43B)が配設され、且つバッファ電極は他方の磁界極大値(B_{z2})の近傍に配設される。

また、好ましくは2個の磁界極大値の大きさは被検試料側に位置する磁界極大値が他方の磁界極大値の1.5～3倍となっている。

一對の引き出し電極は同一の対物電子レンズ系(18)内に形成することも、あるいは夫々異なる対物電子レンズ系(16、18)内に形成することも可能である。

る。

(実施例)

以下、本発明の好ましい実施例につき詳細に説明する。

第1図は本発明に係る電子ビーム装置の1実施例を示す。同図において、第7図と対応する部品は同一番号を付してある。

この実施例によれば、電子レンズ系はその光軸上に2個の磁界極大値 B_{z1} 、 B_{z2} を有する。そして、被検試料15側に位置する第1の磁界極大値 B_{z1} を挟むようにしてその両側に一對の引き出し電極43A、43Bが配置される。これら兩引き出し電極43A、43Bには好ましくは同一の電圧 ψ が印加され、その電極間に等電位空間を形成する。その結果、第1の引き出し電極43Aにより引き出された2次電子20は第2の引き出し電極43Bまで等電界中を進むので2次電子の発散は有効に防止され、略コリメート光となる。

その後、2次電子はバッファ電極45により減

速されその近傍で収束する。この時、バッファ電極45の近傍には第2の磁界極大値 B_{z2} が存在するので、その収束度は第7図の場合に比較しはるかに小さく、従ってバッファ電極45を通過した2次電子は略コリメート状態を維持する。即ち、略平行光である。その結果、分析電極47には略垂直に入射し、従来の“斜め入射”という問題は解消される。尚、第1の引き出し電極43Aは被検試料15に出来るだけ近接して配置するのが好ましい。

2個の磁界極大値は対物レンズ18に2個の磁気回路のギャップ18a、18bを設けることにより簡単に実現出来る。この場合、第1図に示す如く、単一の対物レンズ18（即ち1つのコイル）に対し2個の磁気回路のギャップ18a、18bを形成してもよく、あるいは第2図に示す如く、1つのコイルを有する対物レンズ18（例えば、既存の対物レンズ）に引き出し電極43Aを有する別の外部対物レンズ16を付加してもよい。第1の磁気回路のギャップ16aは第1の対物レン

ズ16に形成され、第2の磁気回路のギャップ18aは第2の対物レンズ18に形成される。第2の引き出し電極43Bは第1、第2対物レンズ16、18の間に配設することが出来る。

第1、第2図におけるその他の構成は同一である。

尚、対物レンズは2個以上の磁界極大値を有するようにしても上記と全く同様の効果を奏することが出来る。

第3図は第1、2図に示す電子ビーム装置のエネルギー分析カーブ（計算機シミュレーション結果）を示す。これによれば、分析カーブは2次電子の放出部位や放出角度の影響を殆ど受けず、 δV_{HT} により表される電圧測定精度は $\delta V_{HT} \approx 0.3V$ であり、第6図に示す従来技術（ $\delta V_{HT} \approx 3V$ ）の1/10に向上していることが理解される。

第4図は2個の磁界極大値の比（ B_{z1}/B_{z2} ）を示す（計算機シミュレーション結果）もので、特に、 $B_{z1}/B_{z2} = 1.5 \sim 3$ のときに電圧測定精度 δV_{HT} が良好である。磁界極大値の比がこの範

囲を外れると、その差が大きすぎ、コリメート効果が減少するためである。これは第5図に示す実験結果により確認されている。

また、この比率の範囲では2次電子の速度を調整するバッファ電極45の印加電圧は引き出し電極43A、43Bの印加電圧の約1/15～1/3とするのが電圧精度向上の上でこのましいことが計算機シミュレーションにより確かめられている。

(発明の効果)

以上に記載の通り、本発明によれば、対物電子レンズ系はその光軸上に少なくとも2個の磁界極大値を有し、被検試料側に位置する磁界極大値を挟むようにしてその両側に一對の引き出し電極を配設し、且つバッファ電極を他方の磁界極大値の近傍に配設することにより、2次電子の放出角度依存性による分析電極への斜め入射が大幅に抑制され、従って、2次電子は分析電極に略垂直に入射することになり、2次電子の垂直入射度に左右

される電圧測定精度の向上が図れる。

また、2個の磁界極大値の比率を1.5~3 とすることにより、2次電子の分析電極への垂直入射度は一層向上する。

更に、一對の引き出し電極を同一の対物電子レンズ系内に形成すれば構造の簡略化が図れ、また一對の引き出し電極を夫々異なる対物電子レンズ系内に形成する場合には既存の対物レンズに外部対物レンズを付加するだけで本発明装置を実現出来る。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る電子ビーム装置の1実施例を示す図解断面図、第2図は第1図とは別の実施例を示す図、第3図は第1、2図に示す装置のエネルギー分析カーブを示すグラフ、第4図は2個の磁界極大値の比率（計算機シミュレーション）を示す線図、第5図は同じく実験結果を示す図、第6図は従来のエネルギー分析カーブを示すグラフ、第7図は従来の電子ビーム装置を示す図解断面図。
15…被検試料、 16、18…対物レンズ、

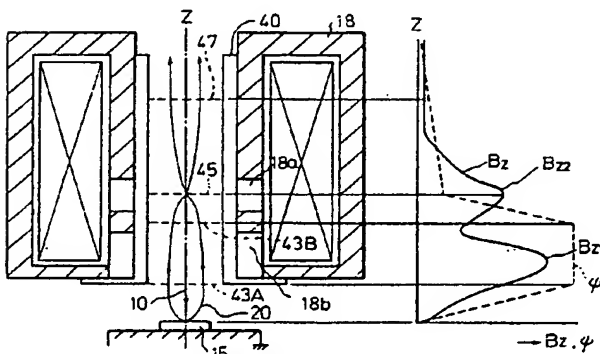
20…2次電子、 40…エネルギー分析器、
43A、43B…引き出し電極、
45…バッファ電極、
47…分析電極。

特許出願人

富士通株式会社

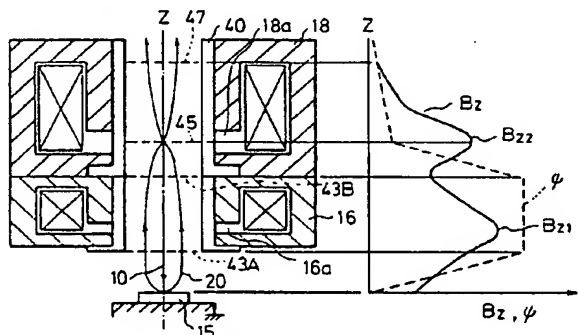
特許出願代理人

弁理士 青 木 朗
弁理士 西 舘 和 之
弁理士 内 田 幸 男
弁理士 山 口 昭 之



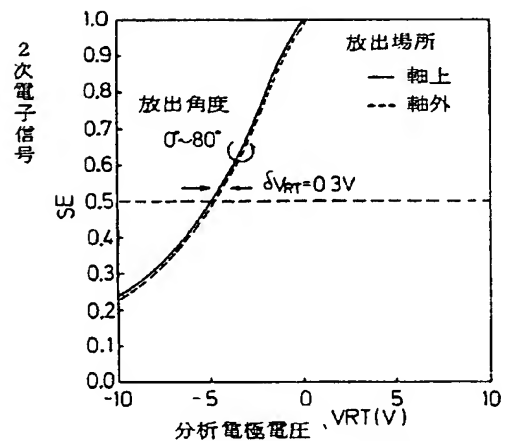
本発明の一実施例

第1図



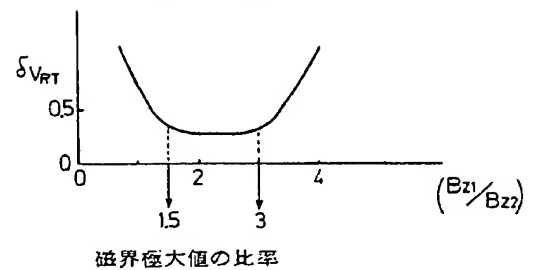
本発明の別の実施例

第2図



エネルギー分析カーブ（本発明）

第3図



磁界極大値の比率

第4図

